

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-168073

(43)Date of publication of application : 20.06.2000

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

H01L 41/083

H01L 41/187

H01L 41/22

(21)Application number : 10-342003

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 01.12.1998

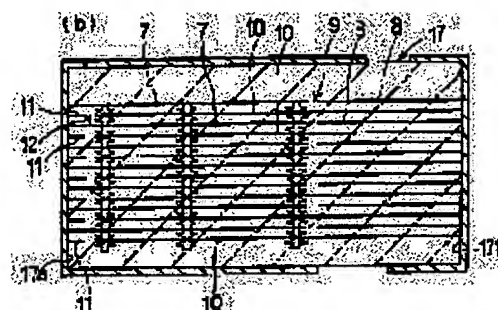
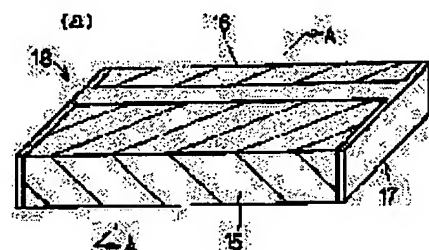
(72)Inventor : SUBE MITSURU  
KONO YOSHIAKI

## (54) PIEZOELECTRIC ACTUATOR, MANUFACTURE THEREOF AND INK JET HEAD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multiplayer piezoelectric actuator in which the inner electrode has a profile approximate to design values and fluctuation of displacement is suppressed.

**SOLUTION:** A plurality of first and second inner electrodes 7, 10 are arranged in a sintered ceramic 17 through a ceramic layer while being overlapped in the thickness direction. The first and second inner electrodes 7, 10 are led out alternately to first or second side face 17a, 17b in the thickness direction and first and second outer electrodes 15, 16 are formed to cover the first or second side face 17a, 17b. The ceramic layer is polarized in the thickness direction between the inner electrodes 7, 10 and, at the height where the inner electrodes 7, 10 are formed, dummy electrodes 8, 11 are formed between the end of the inner electrodes 7, 10 on the side opposite to the side where the outer electrodes 15, 16 are connected electrically, and the counterpart outer electrodes 15, 16.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3319413

[Date of registration]

21.06.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## (57) [Claim(s)]

[Claim 1] [ in the ceramic sintered compact which has the 1st and 2nd side face which consists of electrostrictive ceramics and counters each other, the 1st and 2nd external electrode formed in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, and said ceramic sintered compact ] In the height location in which two or more internal electrodes which the laminating is carried out and are electrically connected to the 1st or 2nd external electrode so that it may overlap in the thickness direction through a ceramic layer, and said internal electrode are formed The edge connected with the external electrode of this internal electrode is equipped with the dummy electrode prepared between the external electrodes by which this internal electrode is not connected with the edge of the opposite side. The electrostrictive actuator characterized by being formed in all between the edge of the internal electrode by which this dummy electrode is connected with the said 1st and 2nd external electrode, and the 2nd and 1st external electrode.

[Claim 2] The electrostrictive actuator according to claim 1 which is formed in ceramic at least 1 of the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of an internal electrode laminating, and/or the ceramic layers of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside, and is characterized by having further the float electrode of at least one layer prepared so that it may not connect with the 1st and 2nd external electrode electrically.

[Claim 3] The electrostrictive actuator according to claim 1 or 2 to which distance between the dummy electrode side edge section of said internal electrode and a dummy electrode is characterized by being referred to as 100 micrometers or less.

[Claim 4] [ in the ceramic sintered compact which has the 1st and 2nd side face which consists of electrostrictive ceramics and counters each other, the 1st and 2nd external electrode formed in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, and said ceramic sintered compact ] Two or more internal electrodes which the laminating is carried out and are electrically connected to the 1st or 2nd external electrode so that it may overlap in the thickness direction through a ceramic layer, It is formed in at least one ceramic layer among the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of a laminating, and/or the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside. The electrostrictive actuator characterized by having the float electrode of at least one layer prepared so that it may not connect with the 1st and 2nd external electrode electrically.

[Claim 5] The process which prints an internal electrode and a dummy electrode on the green sheet which makes electrostrictive ceramics a subject, The laminating of the green sheet of two or more sheets with which said internal electrode and the dummy electrode were printed is carried out. With the near edge where it is drawn by the 1st side face or 2nd side face which two or more internal electrodes counter each other by turns in the thickness direction, and the internal electrode is drawn, the edge of the opposite side, The edge of the internal electrode by which a dummy electrode is arranged between the near side faces in which this internal electrode is not drawn, and this dummy electrode is connected with the said 1st and 2nd external electrode, The process which obtains the layered product currently formed in all between the 2nd and 1st external electrode, The process which calcinates said layered product and obtains a ceramic sintered compact, and the process which forms the 1st and 2nd external electrode in the 1st and 2nd side face in which the internal electrode of said ceramic sintered compact is drawn, The manufacture approach of an electrostrictive actuator characterized by having the process which impresses and polarizes direct-current electric field in the said 1st and 2nd external inter-electrode one.

[Claim 6] The process which prints an internal electrode and a dummy electrode on the green sheet which makes electrostrictive ceramics a subject, The process which prints a float electrode on the green sheet which makes electrostrictive ceramics a subject, The laminating of the green sheet of two or more sheets with which the internal electrode and the dummy electrode were printed, and the green sheet with which said float electrode was printed is

carried out. The float electrode of at least one layer is arranged at at least one ceramic layer among the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of a laminating, and/or the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside. With the near edge where two or more internal electrodes are drawn by the 1st and 2nd side face by turns in the thickness direction, and the internal electrode is drawn, and the edge of the opposite side, The process which obtains the layered product by which the dummy electrode is arranged between the near side faces in which this internal electrode is not drawn, The process which calcinates said layered product and obtains a ceramic sintered compact, and the process which forms the 1st and 2nd external electrode in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, The manufacture approach of an electrostrictive actuator characterized by having the process which impresses direct-current electric field to the said 1st and 2nd external inter-electrode one, and polarizes a ceramic sintered compact.

[Claim 7] The ink jet head which is opened for free passage by the nozzle which carries out the regurgitation of the ink, and said nozzle, and is characterized by having the ink room constituted so that the wall surface of the at least 1 section might have flexibility, and the electrostrictive actuator according to claim 1 to 4 arranged near the ink room so that said ink room can be pressed.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION****[Detailed Description of the Invention]**

**[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to an ink jet head by improving electrode structure in a detail more at the electrostrictive actuator by which the variation in the amount of displacement is reduced, and its manufacture approach list about the ink jet head which used this electrostrictive actuator for the electrostrictive actuator and its manufacture approach list of the laminating mold with which the laminating of two or more internal electrodes is carried out through the ceramic layer.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** Conventionally, in the ink jet head of an ink jet printer, in order to carry out the regurgitation of the ink of the specified quantity, the electrostrictive actuator is used. An example of the conventional electrostrictive actuator is explained with reference to drawing 9.

**[0003]** The electrostrictive actuator 71 is constituted using the ceramic sintered compact 72. The ceramic sintered compact 72 is constituted by electrostrictive ceramics like the titanate-acid lead zirconate system ceramics.

**[0004]** In the ceramic sintered compact 72, two or more internal electrodes 73a-73l. are formed so that it may overlap in the thickness direction. Internal electrodes 73a, 73c, 73e, 73g, 73i, and 73k are pulled out by 1st side-face 72a of the ceramic sintered compact 72. On the other hand, internal electrodes 73b, 73d, 73f, 73h, 73j, and 73l. are pulled out by side-face 72b of the opposite side which counters each other with 1st side-face 72a.

**[0005]** The 1st external electrode 74 is formed in the 1st side-face 72a, and the 2nd external electrode 75 is formed in the 2nd side-face 72b. Moreover, as the arrow head of illustration shows, polarization processing of the ceramic layer pinched in internal electrode 73a-73l. is carried out in the thickness direction. That is, in the thickness direction, polarization processing of the ceramic layer of the both sides of an internal electrode is carried out to hard flow by turns.

**[0006]** Therefore, the part to which polarization of the electrostrictive actuator 71 is carried out by the piezo-electric effect displaces by impressing an electrical potential difference between the external electrode 74 and 75. With the ink jet head of the conventional ink jet printer, the ink of the specified quantity was breathed out from the ink room by carrying out the variation rate of the above-mentioned electrostrictive actuator 71, and pressing an ink room by the electrostrictive actuator 71. Therefore, in order to carry out the regurgitation of the ink with high precision, it is called for strongly that the variation in the amount of displacement of an electrostrictive actuator 71 is small.

**[0007]**

**[Problem(s) to be Solved by the Invention]** However, when many electrostrictive actuators 71 were manufactured, there was a problem that the variation in the displacement property in each electrostrictive actuator was comparatively large. moreover, the variation rate of the above-mentioned electrostrictive actuator 71 -- notching of plurality [ part ] -- forming -- two or more variation rates -- the case where a part is constituted -- a variation rate -- between parts -- a variation rate -- there was also a problem that the variation in an amount was seen.

**[0008]** Therefore, when the ink jet head of an ink jet printer was constituted using the above electrostrictive actuators, it was difficult to carry out the regurgitation of the ink of the specified quantity with high precision.

**[0009]** The purpose of this invention is to offer the electrostrictive actuator and its manufacture approach with little variation of the amount of displacement. Other purposes of this invention are to offer the ink jet head which can breathe out the ink of the specified quantity with high precision.

**[0010]**

**[Means for Solving the Problem]** Since the metal which constitutes the internal electrodes 73a-73l. in the ceramic sintered compact 72 diffused an invention-in-this-application person on the occasion of baking as a result of examining

the reason nil why the variation in the amount of displacement is large, in the above-mentioned electrostrictive actuator 71, and he did not have the dimension as a design value, he checked that the variation in the amount of displacement had arisen. Therefore, when controlling diffusion of the internal electrode configuration metal for the above-mentioned baking, the variation in the amount of displacement thinks that few electrostrictive actuators can be obtained, and it came to make this invention.

[0011] That is, the electrostrictive actuator concerning this invention has the structure where the diffusion for baking of an internal electrode configuration metal is controlled, and reduction of the variation in the amount of displacement is achieved by it.

[0012] The electrostrictive actuator concerning invention of the 1st of this application [ in the ceramic sintered compact which has the 1st and 2nd side face which consists of electrostrictive ceramics and counters each other, the 1st and 2nd external electrode formed in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, and said ceramic sintered compact ] In the height location in which two or more internal electrodes which the laminating is carried out and are electrically connected to the 1st or 2nd external electrode so that it may overlap in the thickness direction through a ceramic layer, and said internal electrode are formed The edge connected with the external electrode of this internal electrode is equipped with the dummy electrode prepared between the external electrodes by which this internal electrode is not connected with the edge of the opposite side. This dummy electrode is characterized by being formed in all between the edge of the internal electrode connected with the said 1st and 2nd external electrode, and the 2nd and 1st external electrode.

[0013] In the electrostrictive actuator which the 1st invention requires, diffusion of the internal electrode configuration metal which goes to a dummy electrode side from an internal electrode by formation of the above-mentioned dummy electrode is controlled.

[0014] Moreover, it not only prepares the above-mentioned dummy electrode, but in the electrostrictive actuator concerning the 1st invention, it may prepare a float electrode and you may control the diffusion to the thickness direction of an internal electrode configuration metal. In this case, a float electrode is carried out at least one stratification into at least one ceramic layer among the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of a laminating, and/or the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside.

[0015] In the electrostrictive actuator concerning the 1st invention, preferably, the edge by the side of the dummy electrode of the above-mentioned internal electrode and distance between dummy electrodes are set to 100 micrometers or less, and the diffusion by the side of the dummy electrode of an internal electrode configuration metal is effectively controlled by it. If this distance exceeds 100 micrometers, the effectiveness which prepared the dummy electrode and controlled diffusion of an internal electrode configuration metal will become small.

[0016] The electrostrictive actuator concerning invention of the 2nd of this application [ in the ceramic sintered compact which has the 1st and 2nd side face which consists of electrostrictive ceramics and counters each other, the 1st and 2nd external electrode formed in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, and said ceramic sintered compact ] Two or more internal electrodes which the laminating is carried out and are electrically connected to the 1st or 2nd external electrode so that it may overlap in the thickness direction through a ceramic layer, It is formed in at least one ceramic layer among the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of a laminating, and/or the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside. It is characterized by having the float electrode of at least one layer prepared so that it may not connect with the 1st and 2nd external electrode electrically.

[0017] The process which prints an internal electrode and a dummy electrode on the green sheet which the 3rd invention is the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning the 1st invention, and makes electrostrictive ceramics a subject, The laminating of the green sheet of two or more sheets with which said internal electrode and the dummy electrode were printed is carried out. With the near edge where it is drawn by the 1st side face or 2nd side face which two or more internal electrodes counter each other by turns in the thickness direction, and the internal electrode is drawn, the edge of the opposite side, The edge of the internal electrode by which a dummy electrode is arranged between the near side faces in which this internal electrode is not drawn, and this dummy electrode is connected with the said 1st and 2nd external electrode, The process which obtains the layered product currently formed in all between the 2nd and 1st external electrode, It is characterized by having the process which calcinates said layered product and obtains a ceramic sintered compact, the process which forms the 1st and 2nd external electrode in the 1st and 2nd side face in which the internal electrode of said ceramic sintered compact is drawn, and the process which impresses and polarizes direct-current electric field in the said 1st and 2nd external inter-electrode one.

[0018] The process which prints an internal electrode and a dummy electrode on the green sheet which the 4th invention

is the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning the 2nd invention, and makes electrostrictive ceramics a subject, The process which prints a float electrode on the green sheet which makes electrostrictive ceramics a subject, The laminating of the green sheet of two or more sheets with which the internal electrode and the dummy electrode were printed, and the green sheet with which said float electrode was printed is carried out. The float electrode of at least one layer is arranged at at least one ceramic layer among the ceramic layer between the internal electrodes which adjoin each other in the direction of a laminating, and/or the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside. With the near edge where two or more internal electrodes are drawn by the 1st and 2nd side face by turns in the thickness direction, and the internal electrode is drawn, and the edge of the opposite side, The process which obtains the layered product by which the dummy electrode is arranged between the near side faces in which this internal electrode is not drawn, It is characterized by having the process which calcinates said layered product and obtains a ceramic sintered compact, the process which forms the 1st and 2nd external electrode in the 1st and 2nd side face of said ceramic sintered compact, respectively, and the process which impresses direct-current electric field to the said 1st and 2nd external inter-electrode one, and polarizes a ceramic sintered compact. [0019] The 5th invention is the ink jet head constituted using the electrostrictive actuator concerning this invention, and the nozzle which carries out the regurgitation of the ink, and said nozzle are open for free passage, and it is characterized by having the ink room constituted so that the wall surface of the at least 1 section might have flexibility, and the electrostrictive actuator according to claim 1 to 4 arranged near the ink room so that said ink room can be pressed.

[0020]

[Embodiment of the Invention] By explaining the concrete example of this invention hereafter explains this invention to a detail more.

[0021] With reference to drawing 1 - drawing 6 , the manufacture approach of the electrostrictive actuator concerning the 1st example of this invention and the structure of this electrostrictive actuator are explained. First, using the slurry which uses titanate-acid lead zirconate system piezo-electricity ceramic powder as a principal component, sheet forming is carried out with a doctor blade method, and a green sheet with a thickness of about 20-100 micrometers is obtained. This green sheet is cut in a rectangle configuration.

[0022] After an appropriate time, an internal electrode and a dummy electrode are printed on the top face of the above-mentioned green sheet. This printing is performed by printing by screen-stencil and drying so that it may become the thickness of about several micrometers about an Ag-Pd paste. Two or more sheet laminating of the green sheet obtained as mentioned above is carried out, and a layered product is obtained. This laminating approach is explained with reference to drawing 2 .

[0023] In drawing 2 , the green sheets 1-6 which constitute the upper part part of a layered product are illustrated. Green sheets 1 and 2 are plain green sheets with which the internal electrode and the dummy electrode are not printed by the top face, and constitute the maximum upper layer of a sheet layered product.

[0024] On a green sheet 3 and 5, the 1st internal electrode 7 and the 1st dummy electrode 8 are printed. The 1st internal electrode 7 is formed so that the edges 3a and 5a by the side of one long side of green sheets 3 and 5 may be met. Moreover, the 1st dummy electrode 8 is formed so that the long side side edge edges 3b and 5b of another side of green sheets 3 and 5 may be met. The internal electrode 7 and the dummy electrode 8 separated the gap 9, and have countered.

[0025] The 2nd internal electrode 10 and the 2nd dummy electrode 11 are formed in the top face of green sheets 4 and 6. The 2nd internal electrode 10 and the 2nd dummy electrode 11 are formed in the opposite side in a green sheet 3, the 1st internal electrode 7 currently formed on five, and the 1st dummy electrode 8. That is, when a laminating is carried out, the 2nd dummy electrode 11 is formed so that edge 4a of a green sheet 4 located in the location which laps with the edges 3a and 5a of green sheets 3 and 5 may be met, and the 2nd internal electrode 10 is formed so that the other-end edges 4b and 6b may be met.

[0026] Moreover, the 2nd internal electrode 10 and the 2nd dummy electrode 11 separated the gap 12, and have countered. Two or more sheet laminating of the above-mentioned green sheets 3 and 5 and the green sheets 4 and 6 is carried out by turns, and a layered product is obtained by carrying out the laminating of the plain green sheets 1 and 2, and pressurizing a plain green sheet (not shown) for them in the thickness direction as well as the bottom, at the topmost part.

[0027] Thus, the obtained layered product is shown in drawing 3 (a) and (b). Two or more 1st internal electrodes 7 are drawn by the 1st side-face 13a of a layered product 13 so that clearly from drawing 3 (b). Moreover, the 2nd internal electrode 10 is drawn by the 2nd side-face 13b.

[0028] Moreover, in the height location in which the 1st internal electrode 7 is formed, the 1st dummy electrode 8 is



formed and the 1st dummy electrode 8 is drawn by 2nd side-face 13b. Similarly, the 2nd dummy electrode 11 is drawn by 1st side-face 13a in the height location in which the 2nd internal electrode 10 is formed.

[0029] Next, the above-mentioned layered product 13 is calcinated at the temperature of about 1000-1200 degrees C for several hours, and a ceramic sintered compact is obtained. The 1st and 2nd external electrode is formed so that the 1st and 2nd side face of the ceramic sintered compact obtained as mentioned above may be covered. The ceramic sintered compact 17 with which the 1st and 2nd external electrode 15 and 16 was formed in drawing 4 (a) and (b) is shown. The 1st and 2nd external electrode 15 and 16 is constituted by forming membranes by the thin film forming methods, such as ion plating, one by one, and carrying out the laminating of Cr, Cu, nickel, and the Au. In this example, thickness of the whole external electrodes 15 and 16 is set to about 1 micrometer. But the 1st and 2nd external electrode 15 and 16 can form a proper conductive ingredient by giving by the proper approach.

[0030] The 1st external electrode 15 is formed so that 1st side-face 17a may be covered, and is electrically connected to the 1st internal electrode 7 and the 2nd dummy electrode 11 so that clearly from drawing 4. Moreover, the 2nd external electrode 16 is formed so that 2nd side-face 17b may be covered, and it is electrically connected to the 2nd internal electrode 10 and the 1st dummy electrode 8.

[0031] Next, the ceramic sintered compact 17 is polarized by impressing direct current voltage between the external electrode 15 and 16. In this case, since direct-current electric field are impressed between the adjacent internal electrode 7 and 8, as an arrow head shows to drawing 1 (b), in the thickness direction, polarization processing of the ceramic layer of the both sides of an internal electrode 7 or an internal electrode 8 is carried out to hard flow.

[0032] The electrostrictive actuator 18 of this example shown in drawing 1 (a) and (b) as mentioned above is obtained. In an electrostrictive actuator 18, an internal electrode 7 and the ceramic layer between 11 expand in the thickness direction and contract according to the piezo-electric effect by impressing an electrical potential difference between the 1st, the 2nd external electrode 15, and 16. Therefore, the desired amount of displacement can be obtained by adjusting the electrical potential difference to impress.

[0033] And in an electrostrictive actuator 18, the variation in the amount of displacement is small. This is explained below. A gap 9 is separated, the 1st dummy electrode 8 is formed, a gap 12 is separated in the same height location as the 1st internal electrode 7 by the same height location as the 2nd internal electrode 10, and the 2nd dummy electrode 11 is formed in it. Therefore, in the baking process for obtaining the ceramic sintered compact 17, although it is going to spread in the ceramics the metal which constitutes internal electrodes 7 and 10, it is also going to diffuse in the ceramics the same metal which constitutes the dummy electrodes 8 and 11 at internal electrode 7 and 10 side. Consequently, diffusion of the dummy electrode 8 and the internal electrode configuration metal which goes to 11 sides is controlled from internal electrodes 7 and 10. Therefore, internal electrodes 7 and 8 are maintained by the configuration near the configuration as a design, and the variation in the amount of displacement is reduced by it.

[0034] Next, the ink jet head constituted using the electrostrictive actuator 18 of the above-mentioned example is explained. Drawing 5 (a) and (b) are the schematic-drawing-perspective views for explaining the ink jet head constituted using the above-mentioned electrostrictive actuator 18. Two or more displacement section 18a is formed in the side in which the 1st external electrode 15 of an electrostrictive actuator 18 is formed. Two or more of these displacement section 18a is constituted by disconnecting an electrostrictive actuator 18 in the direction which intersects perpendicularly with an internal electrode so that displacement section 18a of about 50-micrometer width of face may be constituted in the side in which the 1st external electrode 15 is formed so that it may expand to drawing 5 (b) and may be shown. Cutting slot 18b is carried out to near [ in which the 2nd external electrode 16 is formed ] the part. That is, since the part which the 1st internal electrode 7 and 2nd internal electrode 10 have piled up in drawing 1 (b) serves as a mechanical component, each displacement section 18a is constituted so that this mechanical component may be included at least.

[0035] therefore -- each -- a variation rate -- section 18a -- each -- a variation rate -- a variation rate may be independently carried out by impressing a signal level between 1st external electrode 15a and the 2nd external electrode 16 which exist on section 18a.

[0036] Drawing 6 is an outline block diagram for explaining the ink jet head which used the above-mentioned electrostrictive actuator 18A. The ink room 22 is opened for free passage with the ink jet head 20 by the nozzle 21 which carries out the regurgitation of the ink. The ink room 22 is constituted so that some [ at least ] wall surfaces may have flexibility, and displacement section 15a of electrostrictive actuator 18A is connected with the wall surface which has this flexibility. Electrostrictive actuator 18A is driven and ink is breathed out by carrying out the variation rate of the displacement section 18a, and squeezing the ink room 22.

[0037] In addition, about the structure of a nozzle 21 and the ink room 22, the structure commonly used in the conventional ink jet printer can be used suitably, and it is not limited especially. Moreover, to one ink room 22,



displacement section of one piece 18a may be combined, and two or more displacement section 18a may be combined to one ink room 22.

[0038] it constitutes from an ink jet head 20 of this example using the above-mentioned electrostrictive actuator 18A -- having -- \*\*\*\* -- electrostrictive actuator 18A -- each -- a variation rate -- the variation rate of section 18a -- impressing a predetermined signal level, since it is hard to produce the variation in an amount -- each -- a variation rate -- the regurgitation of the ink of the specified quantity can be correctly carried out from the ink room 22 connected with section 18a.

[0039] Next, the variation in the amount of displacement of each displacement section 18a in electrostrictive actuator 18A checked by experiment how it would be influenced with the magnitude of the above-mentioned gaps 9 and 12. That is, various distance of the gaps 9 and 12 between internal electrodes 7 and 10, and these internal electrodes 7 and 10 and the dummy electrodes 8 and 11 which have countered in the same height location was changed, and two or more sorts electrostrictive actuator 18A was created. And the amount variation of displacement between two or more displacement section 18a which can be set to each electrostrictive actuator was searched for by the following formulas.

[0040] Amount variation = of displacement  $\{(\text{variation rate whose amount is max variation rate of section 18a amount} - \text{variation rate whose amount is min variation rate of section 18a amount}) / (\text{variation rate whose amount is max variation rate of section 18a amount})\} \times 100$  between the displacement sections (%)  
A result is shown in drawing 7.

[0041] As for the edge of the side electrically connected to the distance of gaps 9 and 11, i.e., the external electrode of an internal electrode, it turns out that the amount variation of displacement between displacement section 18a becomes small as the distance between the edge of the opposite side, this internal electrode, and the dummy electrode in the same height location becomes small, so that clearly from drawing 7. This means that the diffusion from the internal electrode tip of an internal electrode configuration metal is effectively controlled by forming a dummy electrode. Moreover, since diffusion of the internal electrode configuration metal for [ since the dummy electrodes 8 and 11 are formed ] baking is controlled and the electrode piece of an internal electrode decreases, at the time of polarization, an electrical potential difference is impressed, and since the volume by which polarization is carried out becomes almost uniform in each displacement section 18a, it is thought that the amount variation of displacement is reduced by it.

[0042] Therefore, in order to maintain the configuration of internal electrodes 7 and 10, the small thing of the above-mentioned gaps 9 and 12 is desirable. Especially, the distance of gaps 9 and 12 is known by 100 micrometers or less, then that 50 micrometers or less, then the amount variation of displacement between displacement section 18a can be controlled effectively more preferably so that clearly from drawing 7.

[0043] But if the distance of the above-mentioned gaps 9 and 12 becomes smaller than the distance between the internal electrodes which adjoin in the thickness direction, when polarized in the thickness direction, it will become easy to produce dielectric breakdown. Therefore, as for the distance of the above-mentioned gaps 9 and 12, it is desirable to carry out to beyond the distance between the internal electrodes which adjoin in the thickness direction.

[0044] Drawing 8 is the sectional view showing the electrostrictive actuator concerning the 2nd example of this invention. Although the dummy electrodes 8 and 11 were formed in the ceramic sintered compact 17 in the same height location as internal electrodes 7 and 10, in addition to a dummy electrode, in the electrostrictive actuator 18 concerning the 1st example, the variation in the amount of displacement can be reduced also by preparing a float electrode in internal inter-electrode one in this invention.

[0045] The electrostrictive actuator 31 shown in drawing 8 is constituted using the ceramic sintered compact 32 which consists of electrostrictive ceramics, such as titanate-acid lead zirconate. Into the ceramic sintered compact 32, two or more sheet laminating of the 1st and 2nd internal electrode 33a and 34a is carried out so that it may overlap in the thickness direction. 1st internal electrode 33a is pulled out by 1st side-face 32a of the ceramic sintered compact 32, and 2nd internal electrode 34a is pulled out by 2nd side-face 32b of the opposite side with side-face 32a.

[0046] Moreover, it is formed in the same height location as the 1st and 2nd internal electrode 33a and 34a like the case where the dummy electrodes 33b and 34b are the 1st example. The 1st external electrode 35 is formed, and the 2nd external electrode 36 is formed so that 2nd side-face 32b may be covered, so that 1st side-face 32a may be covered. Moreover, between internal electrode 33a and 34a, the float electrode 37 which is not electrically connected to the external electrodes 35 and 36 is arranged.

[0047] As the arrow head of illustration shows, polarization processing of the ceramic layer between internal electrode 33a and 34a is carried out in the thickness direction. Moreover, in the thickness direction, polarization processing of the ceramic layer of the both sides of an internal electrode is carried out to hard flow like the case of the 1st example.

[0048] Therefore, the ceramic layer pinched between internal electrode 33a and 34a expands and contracts in the thickness direction, and it operates as an electrostrictive actuator by impressing an electrical potential difference

between the external electrode 35 and 36.

[0049] Also in the electrostrictive actuator 31 of this example, the diffusion to the horizontal direction of the internal electrode configuration metal from internal electrodes 33a and 34a is controlled by existence of the dummy electrodes 33b and 34b on the occasion of baking which obtains the ceramic sintered compact 32. In addition, since two or more layer laminating of the float electrode 37 is carried out between internal electrode 33a and 34a, on the occasion of baking which obtains the ceramic sintered compact 32, the diffusion to the thickness direction of the internal electrode configuration metal from internal electrodes 33a and 34a is also controlled. That is, although it is going to diffuse the internal electrode configuration metal which constitutes internal electrodes 33a and 34a in a ceramics side on the occasion of baking, the float electrode 37 is arranged, and since it is going to spread this float electrode style metal in the thickness direction also from the float electrode 37, diffusion of the internal electrode configuration metal from internal electrodes 33a and 34a is controlled.

[0050] Therefore, since the configuration of internal electrodes 33a and 34a is mostly maintained as a design value, the amount variation of displacement can be reduced compared with the conventional electrostrictive actuator. But in order to obtain the big amount of displacement, it is required to make thin thickness of the ceramic layer between internal electrode 33a and 34a, therefore although the big amount of displacement is not calculated, it is suitable [ the electrostrictive actuator 31 of this example which has the float electrode 37 ] for it for the application asked for the precision of the amount of displacement.

[0051] In addition, the float electrode 37 may be arranged at an outside ceramic layer to the pan of the internal electrodes 33a and 34a of a direction of laminating maximum outside, and the diffusion to the direction outside of a laminating of the internal electrode configuration metal from the internal electrodes 33a and 34a of the maximum outside can be controlled in that case.

[0052] Since the above-mentioned float electrode 37 is what controls the diffusion to the direction of an internal electrode laminating of an internal electrode configuration metal, if arranged at at least one ceramic layer among the internal inter-electrode ceramic layer and the ceramic layer of the outside of the internal electrode of a direction of laminating maximum outside, it can control diffusion of the internal electrode configuration metal from the internal electrode which has countered this float electrode in the thickness direction. That is, there is not necessarily no need that the float electrode is formed in the ceramic layers between internal electrodes and all the ceramic layers outside the internal electrode of a direction of laminating maximum outside.

[0053] Moreover, although not illustrated especially, in the electrostrictive actuator 18 concerning the 1st example, the float electrode 37 which consisted of electrostrictive actuators 31 of the 2nd example can be combined, you may control that an internal electrode configuration metal is spread in the thickness direction from internal electrodes 7 and 11 by it, and the variation in the amount of displacement can be further reduced by it.

[0054]

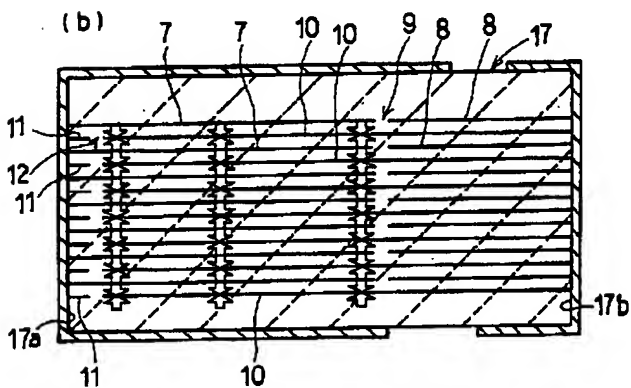
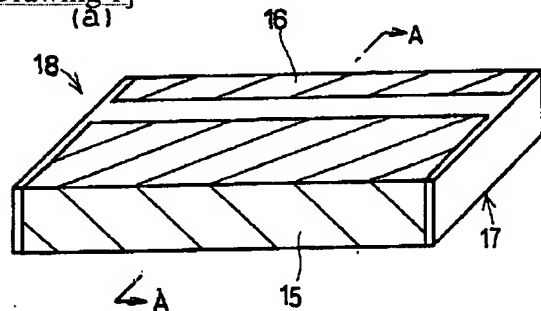
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

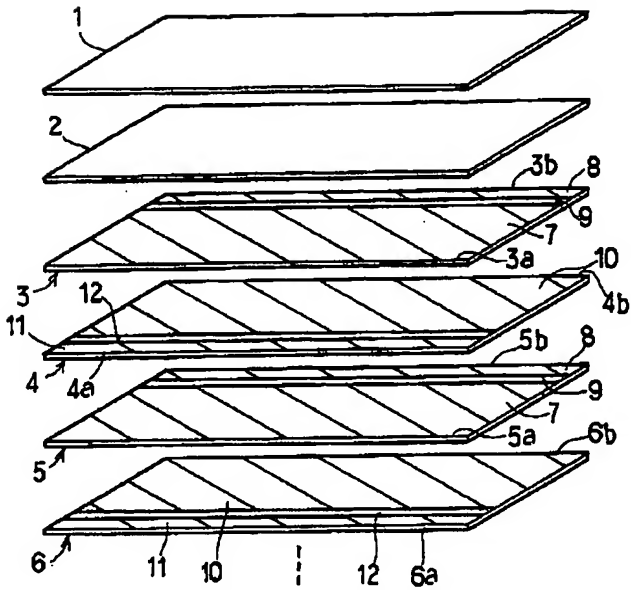
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

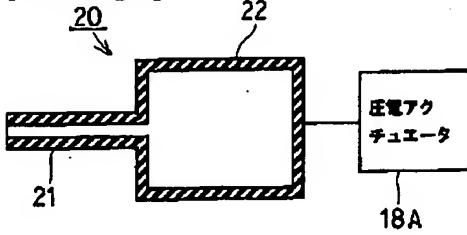
[Drawing 1]



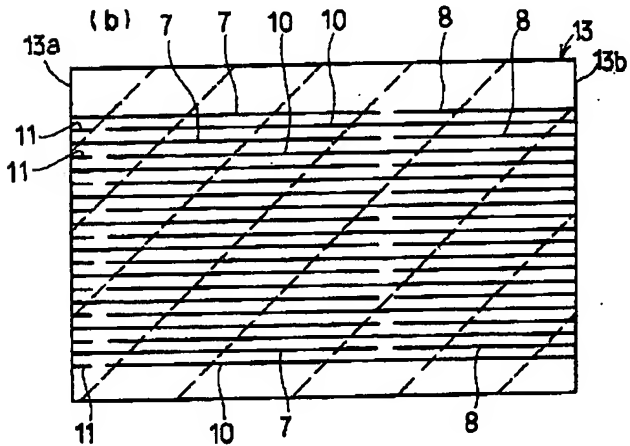
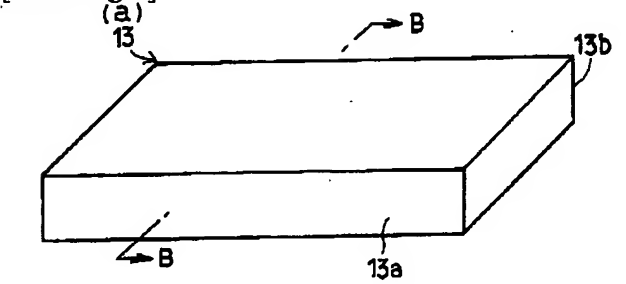
[Drawing 2]



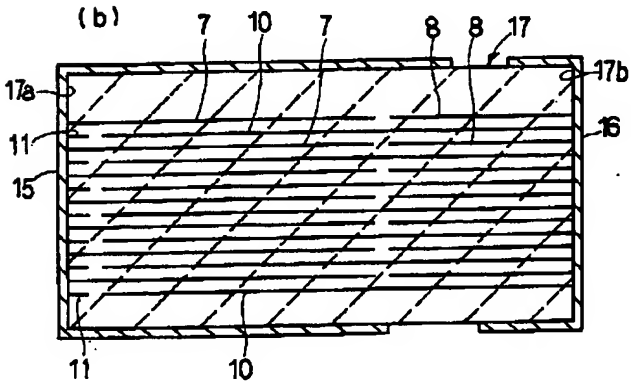
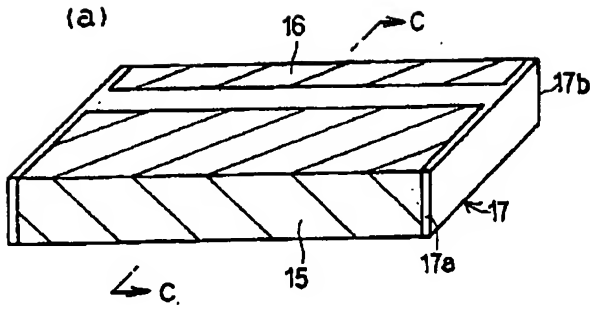
[Drawing 6]



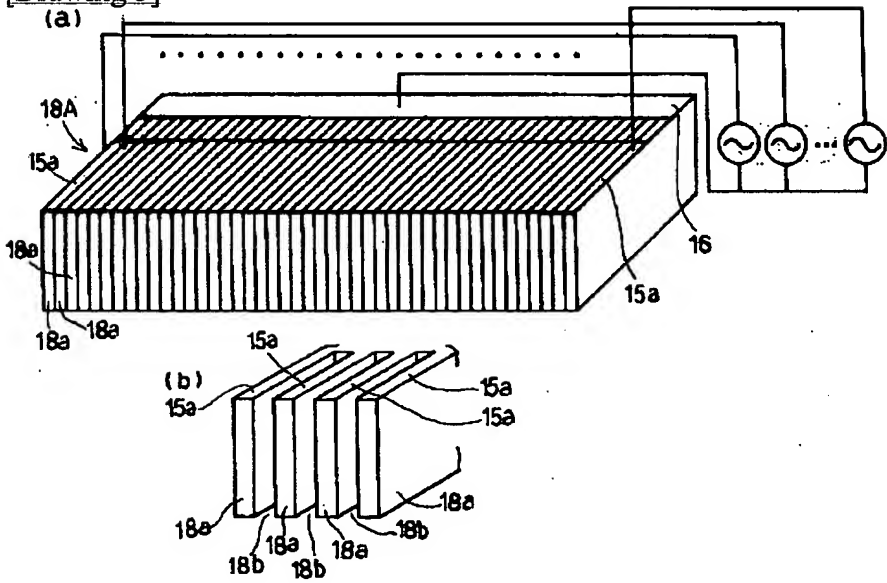
[Drawing 3]



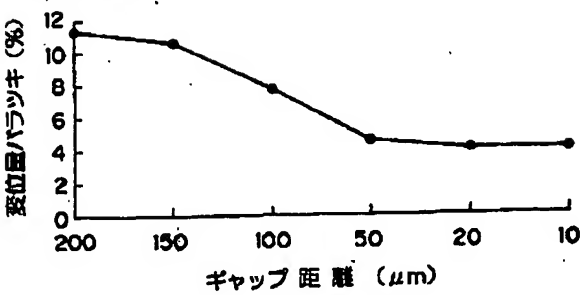
[Drawing 4]



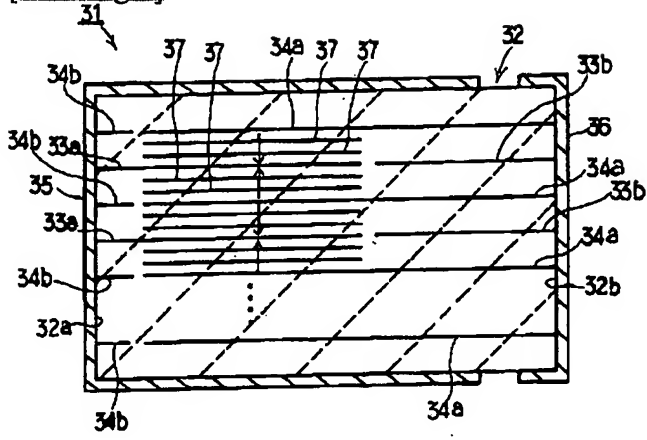
[Drawing 5]



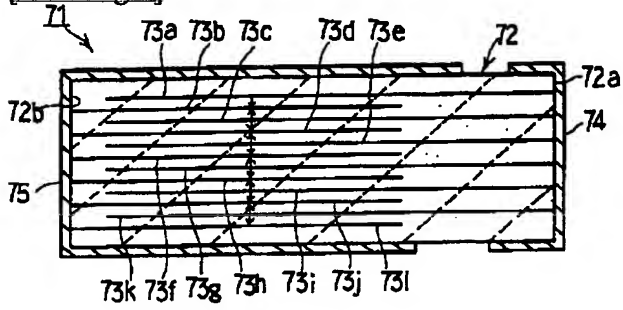
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3319413号  
(P3319413)

(45) 発行日 平成14年9月3日 (2002.9.3)

(24) 登録日 平成14年6月21日 (2002.6.21)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I
B 4 1 J 2/045		B 4 1 J 3/04 1 0 3 A
2/055		1 0 3 H
2/16		H 0 1 L 41/08 S
H 0 1 L 41/083		41/18 1 0 1 D
41/187		41/22 Z

請求項の数 7 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平10-342003	(73) 特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
(22) 出願日	平成10年12月1日 (1998.12.1)	(72) 発明者	須部 満 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株 式会社村田製作所内
(65) 公開番号	特開2000-168073(P2000-168073A)	(72) 発明者	河野 芳明 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株 式会社村田製作所内
(43) 公開日	平成12年6月20日 (2000.6.20)	(74) 代理人	100086597 弁理士 宮▼崎▲ 主税
審査請求日	平成12年7月25日 (2000.7.25)	審査官	尾崎 俊彦
		(56) 参考文献	特開 平4-235041 (J P, A) 特開 平11-263013 (J P, A) 特開 平5-198861 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電アクチュエータ、圧電アクチュエータの製造方法及びインクジェットヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電セラミックスからなり、かつ対向し合う第1、第2の側面を有するセラミック焼結体と、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面にそれぞれ形成された第1、第2の外部電極と、前記セラミック焼結体内において、セラミック層を介して厚み方向に重なり合うように積層されており、かつ第1または第2の外部電極に電気的に接続されている複数の内部電極と、前記内部電極が形成されている高さ位置において、該内部電極の外部電極と接続されている端部とは反対側の端部と、該内部電極が接続されていない外部電極との間に設けられたダミー電極とを備え、該ダミー電極が前記第1、第2の外部電極と接続されている内部電極の端部と、第2、第1の外部電極との間のいずれにも形成され

ていることを特徴とする、圧電アクチュエータ。

【請求項2】 内部電極積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び／または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層の内の少なくとも1つのセラミック層に形成されており、第1、第2の外部電極に電気的に接続されないように設けられている少なくとも1層のフロート電極をさらに備えることを特徴とする、請求項1に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項3】 前記内部電極のダミー電極側端部と、ダミー電極との間の距離が、 $100\mu\text{m}$ 以下とされていることを特徴とする、請求項1または2に記載の圧電アクチュエータ。

【請求項4】 圧電セラミックスよりなり、かつ対向し合う第1、第2の側面を有するセラミック焼結体と、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面にそれぞれ形



特許第3319413号

(P3319413)

(2)

1

成された第1、第2の外部電極と、  
前記セラミック焼結体内において、セラミック層を介して厚み方向に重なり合うように積層されており、かつ第1または第2の外部電極に電氣的に接続されている複数の内部電極と、  
積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び/または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち少なくとも1つのセラミック層に形成されており、第1、第2の外部電極に電氣的に接続されないように設けられている少なくとも1層のフロート電極とを 10 備えることを特徴とする、圧電アクチュエータ。

【請求項5】 圧電セラミックスを主体とするグリーンシート上に、内部電極及びダミー電極を印刷する工程と、

前記内部電極及びダミー電極が印刷された複数枚のグリーンシートを積層し、複数の内部電極が厚み方向において交互に対向し合う第1の側面または第2の側面に導出されており、内部電極の導出されている側の端部とは反対側の端部と、該内部電極が導出されていない側の側面との間にダミー電極が配置され、該ダミー電極が前記第1、第2の外部電極と接続されている内部電極の端部と、第2、第1の外部電極との間のいずれにも形成されている積層体を得る工程と、

前記積層体を焼成してセラミック焼結体を得る工程と、  
前記セラミック焼結体の内部電極が導出されている第1、第2の側面に第1、第2の外部電極を形成する工程と、

前記第1、第2の外部電極間に直流電界を印加して分極する工程とを備えることを特徴とする、圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項6】 圧電セラミックスを主体とするグリーンシート上に、内部電極及びダミー電極を印刷する工程と、

圧電セラミックスを主体とするグリーンシート上に、フロート電極を印刷する工程と、

内部電極及びダミー電極が印刷された複数枚のグリーンシートと、前記フロート電極が印刷されたグリーンシートとを積層し、積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び/または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち少なくとも1つのセラミック層に少なくとも1層のフロート電極が配置されており、かつ複数の内部電極が厚み方向において交互に第1、第2の側面に導出されており、内部電極の導出されている側の端部とは反対側の端部と、該内部電極が導出されていない側の側面との間にダミー電極が配置されている積層体を得る工程と、

前記積層体を焼成してセラミック焼結体を得る工程と、  
前記セラミック焼結体の第1、第2の側面に第1、第2の外部電極をそれぞれ形成する工程と、

前記第1、第2の外部電極間に直流電界を印加してセラ 50

2

ミック焼結体を分極する工程とを備えることを特徴とする、圧電アクチュエータの製造方法。

【請求項7】 インクを吐出するノズルと、  
前記ノズルに連通されており、少なくとも1部の壁面が柔軟性を有するように構成されたインク室と、  
前記インク室を押圧し得るようにインク室近傍に配置された請求項1～4のいずれかに記載の圧電アクチュエータとを備えることを特徴とする、インクジェットヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、セラミック層を介して複数の内部電極が積層されている積層型の圧電アクチュエータ及びその製造方法並びに該圧電アクチュエータを用いたインクジェットヘッドに関し、より詳細には、電極構造を改良することにより、変位量のバラツキが低減されている圧電アクチュエータ及びその製造方法並びにインクジェットヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、インクジェットプリンタのインクジェットヘッドにおいて、所定量のインクを吐出するために圧電アクチュエータが用いられている。従来の圧電アクチュエータの一例を、図9を参照して説明する。

【0003】圧電アクチュエータ71は、セラミック焼結体72を用いて構成されている。セラミック焼結体72は、チタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスのような圧電セラミックスにより構成されている。

【0004】セラミック焼結体72内には、厚み方向において重なり合うように、複数の内部電極73a～73lが形成されている。内部電極73a、73c、73e、73g、73i、73kは、セラミック焼結体72の第1の側面72aに引き出されている。他方、内部電極73b、73d、73f、73h、73j、73lは、第1の側面72aとは対向し合っている反対側の側面72bに引き出されている。

【0005】第1の側面72aには、第1の外部電極74が、第2の側面72bには、第2の外部電極75が形成されている。また、内部電極73a～73l間で挟まれているセラミック層は、図示の矢印で示すように、厚み方向に分極処理されている。すなわち、内部電極の両側のセラミック層は、厚み方向において交互に逆方向に分極処理されている。

【0006】従って、外部電極74、75間に電圧を印加することにより、圧電効果により圧電アクチュエータ71の分極されている部分が変位する。従来のインクジェットプリンタのインクジェットヘッドでは、上記圧電アクチュエータ71を変位させ、インク室を圧電アクチュエータ71で押圧することにより、インク室から所定量のインクが吐出されていた。従って、インクを高精度に吐出するには、圧電アクチュエータ71の変位量のバ

特許第3319413号  
(P3319413)

(3)

3

ラツキが小さいことが強く求められる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、多数の圧電アクチュエータ71を製造した場合、各圧電アクチュエータにおける変位特性のバラツキが比較的大きいという問題があった。また、上記圧電アクチュエータ71の変位部分に複数の切欠を形成し、複数の変位部分を構成した場合、変位部分間で変位量のバラツキが見られるという問題もあった。

【0008】従って、上記のような圧電アクチュエータ10を用いて例えばインクジェットプリンタのインクジェットヘッドを構成した場合、所定量のインクを高精度に吐出することは困難であった。

【0009】本発明の目的は、変位量のバラツキが少ない、圧電アクチュエータ及びその製造方法を提供することにある。本発明の他の目的は、所定量のインクを高精度に吐出し得るインクジェットヘッドを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明者は、上記圧電20アクチュエータ71において変位量のバラツキが大きい理由を検討した結果、セラミック焼結体72内の内部電極73a~731を構成している金属が焼成に際して拡散し、設計値どおりの寸法を有していないため、変位量のバラツキが生じていることを確認した。従って、上記焼成に際しての内部電極構成金属の拡散を抑制すれば、変位量のバラツキが少ない圧電アクチュエータを得ることができるのではないかと考え、本発明をなすに至った。

【0011】すなわち、本発明に係る圧電アクチュエータ30は、内部電極構成金属の焼成に際しての拡散が抑制される構造を有しており、それによって変位量のバラツキの低減が図られている。

【0012】本願の第1の発明に係る圧電アクチュエータは、圧電セラミックスからなり、かつ対向し合う第1、第2の側面を有するセラミック焼結体と、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面にそれぞれ形成された第1、第2の外部電極と、前記セラミック焼結体内において、セラミック層を介して厚み方向に重なり合うように積層されており、かつ第1または第2の外部電極に電気的に接続されている複数の内部電極と、前記内部電極が形成されている高き位置において、該内部電極の外部電極と接続されている端部とは反対側の端部と、該内部電極が接続されていない外部電極との間に設けられたダミー電極とを備え、該ダミー電極が前記第1、第2の外部電極と接続されている内部電極の端部と、第2、第1の外部電極との間のいずれにも形成されていることを特徴とする。

【0013】第1の発明に係る圧電アクチュエータにおいては、上記ダミー電極の形成により、内部電極からダ50

4

ミー電極側に向かつての内部電極構成金属の拡散が抑制される。

【0014】また、第1の発明に係る圧電アクチュエータにおいて、上記ダミー電極を設けるだけでなく、フロート電極を設けて内部電極構成金属の厚み方向への拡散を抑制してもよい。この場合、フロート電極は、積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び/または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち少なくとも1つのセラミック層内において、少なくとも1層形成される。

【0015】第1の発明に係る圧電アクチュエータでは、好ましくは、上記内部電極のダミー電極側の端部と、ダミー電極との間の距離が100 $\mu$ m以下とされ、それによって内部電極構成金属のダミー電極側への拡散が効果的に抑制される。この距離が100 $\mu$ mを超えると、ダミー電極を設けて内部電極構成金属の拡散を抑制した効果が小さくなる。

【0016】本願の第2の発明に係る圧電アクチュエータは、圧電セラミックスよりなり、かつ対向し合う第1、第2の側面を有するセラミック焼結体と、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面にそれぞれ形成された第1、第2の外部電極と、前記セラミック焼結体内において、セラミック層を介して厚み方向に重なり合うように積層されており、かつ第1または第2の外部電極に電気的に接続されている複数の内部電極と、積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び/または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち少なくとも1つのセラミック層に形成されており、第1、第2の外部電極に電気的に接続されないように設けられている少なくとも1層のフロート電極とを備えることを特徴とする。

【0017】第3の発明は、第1の発明に係る圧電アクチュエータの製造方法であって、圧電セラミックスを主体とするグリーンシート上に、内部電極及びダミー電極を印刷する工程と、前記内部電極及びダミー電極が印刷された複数枚のグリーンシートを積層し、複数の内部電極が厚み方向において交互に対向し合う第1の側面または第2の側面に導出されており、内部電極の導出されている側の端部とは反対側の端部と、該内部電極が導出されていない側の側面との間にダミー電極が配置され、該ダミー電極が前記第1、第2の外部電極と接続されている内部電極の端部と、第2、第1の外部電極との間のいずれにも形成されている積層体を得る工程と、前記積層体を焼成してセラミック焼結体を得る工程と、前記セラミック焼結体の内部電極が導出されている第1、第2の側面に第1、第2の外部電極を形成する工程と、前記第1、第2の外部電極間に直流電界を印加して分極する工程とを備えることを特徴とする。

【0018】第4の発明は、第2の発明に係る圧電アクチュエータの製造方法であって、圧電セラミックスを主

特許第3319413号  
(P3319413)

(4)

5

体とするグリーンシート上に、内部電極及びダミー電極を印刷する工程と、圧電セラミックスを主体とするグリーンシート上に、フロート電極を印刷する工程と、内部電極及びダミー電極が印刷された複数枚のグリーンシートと、前記フロート電極が印刷されたグリーンシートとを積層し、積層方向において隣り合う内部電極間のセラミック層及び／または積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち少なくとも1つのセラミック層に少なくとも1層のフロート電極が配置されており、かつ複数の内部電極が厚み方向において交互に第1、第2の側面に導出されており、内部電極の導出されている側の端部とは反対側の端部と、該内部電極が導出されていない側の側面との間にダミー電極が配置されている積層体を得る工程と、前記積層体を焼成してセラミック焼結体を得る工程と、前記セラミック焼結体の第1、第2の側面に第1、第2の外部電極をそれぞれ形成する工程と、前記第1、第2の外部電極間に直流電界を印加してセラミック焼結体を分極する工程とを備えることを特徴とする。

【0019】第5の発明は、本発明に係る圧電アクチュエータを用いて構成されたインクジェットヘッドであり、インクを吐出するノズルと、前記ノズルに連通されており、少なくとも1部の壁面が柔軟性を有するように構成されたインク室と、前記インク室を押圧し得るようにインク室近傍に配置された請求項1～4のいずれかに記載の圧電アクチュエータとを備えることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説明する。

【0021】図1～図6を参照して、本発明の第1の実施例に係る圧電アクチュエータの製造方法及び該圧電アクチュエータの構造を説明する。まず、チタン酸ジルコン酸鉛系圧電セラミック粉末を主成分とするスラリーを用い、ドクターブレード法によりシート成形し、厚さ20～100 $\mu$ m程度のグリーンシートを得る。このグリーンシートを矩形形状に切断する。

【0022】しかる後、上記グリーンシートの上面に内部電極及びダミー電極を印刷する。この印刷は、Ag-Pdペーストを数 $\mu$ m程度の厚みとなるようにスクリーン印刷により印刷し、乾燥することにより行われる。上記のようにして得たグリーンシートを複数枚積層し、積層体を得る。この積層方法を図2を参照して説明する。

【0023】図2では、積層体の上方部分を構成するグリーンシート1～6が図示されている。グリーンシート1、2は、上面に内部電極及びダミー電極が印刷されていない無地のグリーンシートであり、シート積層体の最上層を構成するものである。

【0024】グリーンシート3、5上には、第1の内部電極7と、第1のダミー電極8とが印刷されている。第

6

1の内部電極7は、グリーンシート3、5の一方の長辺側の端縁3a、5aに沿うように形成されてる。また、第1のダミー電極8は、グリーンシート3、5の他方の長辺側端縁3b、5bに沿うように形成されている。内部電極7及びダミー電極8は、ギャップ9を隔てて対向されている。

【0025】グリーンシート4、6の上面には、第2の内部電極10及び第2のダミー電極11が形成されている。第2の内部電極10及び第2のダミー電極11は、グリーンシート3、5上に形成されていた第1の内部電極7及び第1のダミー電極8とは反対側に形成されている。すなわち、積層された際に、グリーンシート3、5の端縁3a、5aと重なる位置に位置するグリーンシート4の端縁4aに沿うように第2のダミー電極11が形成されており、他方の端縁4b、6bに沿うように第2の内部電極10が形成されている。

【0026】また、第2の内部電極10と第2のダミー電極11とはギャップ12を隔てて対向されている。上記グリーンシート3、5とグリーンシート4、6とを交互に複数枚積層し、最上部に無地のグリーンシート1、2を、最下部に同じく無地のグリーンシート（図示せず）を積層し、厚み方向に加圧することにより積層体を得る。

【0027】このようにして得られた積層体を図3

(a)及び(b)に示す。図3(b)から明らかなように、積層体13の第1の側面13aには、複数の第1の内部電極7が導出されている。また、第2の側面13bには、第2の内部電極10が導出されている。

【0028】また、第1の内部電極7が形成されている高さ位置においては、第1のダミー電極8が形成されており、第1のダミー電極8は、第2の側面13bに導出されている。同様に、第2の内部電極10が形成されている高さ位置では、第2のダミー電極11が第1の側面13aに導出されている。

【0029】次に、上記積層体13を1000～1200℃程度の温度で数時間焼成し、セラミック焼結体を得る。上記のようにして得られたセラミック焼結体の第1、第2の側面を覆うように、第1、第2の外部電極を形成する。図4(a)及び(b)に、第1、第2の外部電極15、16が形成されたセラミック焼結体17を示す。第1、第2の外部電極15、16は、Cr、Cu、Ni及びAuを順次イオンプレーティングなどの薄膜形成法により成膜し、積層することにより構成されている。本実施例では、外部電極15、16の全体の膜厚は約1 $\mu$ m程度とされている。もっとも、第1、第2の外部電極15、16は、適宜の導電性材料を、適宜の方法により付与することにより形成することができる。

【0030】図4から明らかなように、第1の外部電極15は、第1の側面17aを覆うように形成されており、第1の内部電極7及び第2のダミー電極11に電気

特許第3319413号

(P3319413)

(5)

7

的に接続されている。また、第2の外部電極16は、第2の側面17bを覆うように形成されており、第2の内部電極10及び第1のダミー電極8に電気的に接続されている。

【0031】次に、外部電極15、16間に直流電圧を印加することにより、セラミック焼結体17を分極する。この場合、隣り合う内部電極7、8間に直流電界が印加されるため、図1(b)に矢印で示すように、内部電極7または内部電極8の両側のセラミック層が厚み方向において逆方向に分極処理される。

【0032】上記のようにして、図1(a)及び(b)に示す本実施例の圧電アクチュエータ18が得られる。圧電アクチュエータ18では、第1、第2の外部電極15、16間に電圧を印加することにより、内部電極7、11間のセラミック層が圧電効果により厚み方向に伸縮する。従って、印加する電圧を調整することにより所望の変位量を得ることができる。

【0033】しかも、圧電アクチュエータ18では、変位量のバラツキが小さい。これを、以下において説明する。第1の内部電極7と同じ高さ位置に、ギャップ9を隔てられて第1のダミー電極8が形成されており、第2の内部電極10と同じ高さ位置にギャップ12を隔てられて第2のダミー電極11が形成されている。従って、セラミック焼結体17を得るための焼成工程において、内部電極7、10を構成している金属がセラミックス中に拡散しようとするが、ダミー電極8、11を構成している同じ金属もセラミックス中において内部電極7、10側に拡散しようとする。その結果、内部電極7、10からダミー電極8、11側に向かう内部電極構成金属の拡散が抑制される。よって、内部電極7、8が、設計どおりの形状に近い形状に維持され、それによって変位量のバラツキが低減される。

【0034】次に、上記実施例の圧電アクチュエータ18を用いて構成されたインクジェットヘッドを説明する。図5(a)、(b)は、上記圧電アクチュエータ18を用いて構成されたインクジェットヘッドを説明するための略図的斜視図である。圧電アクチュエータ18の第1の外部電極15が形成されている側に複数の変位部18aが形成されている。図5(b)に拡大して示すように、この複数の変位部18aは、第1の外部電極15が形成されている側において、約50μm幅の変位部18aを構成するように内部電極と直交する方向に圧電アクチュエータ18を切断することにより構成されている。切断溝18bは、第2の外部電極16が形成されている部分近傍までとされている。すなわち、図1(b)において第1の内部電極7と第2の内部電極10とが重ねられている部分が駆動部となるため、この駆動部を少なくとも含むように各変位部18aが構成されている。

【0035】従って、各変位部18aは、各変位部18a上に存在している第1の外部電極15aと第2の外部

8

電極16との間に信号電圧を印加することにより独立に変位され得る。

【0036】図6は、上記圧電アクチュエータ18Aを用いたインクジェットヘッドを説明するための概略構成図である。インクジェットヘッド20では、インクを吐出するノズル21に、インク室22が連通されている。インク室22は、少なくとも一部の壁面が柔軟性を有するように構成されており、該柔軟性を有する壁面に圧電アクチュエータ18Aの変位部15aが連結されている。圧電アクチュエータ18Aを駆動し、変位部18aを変位させてインク室22を圧搾することにより、インクが吐出される。

【0037】なお、ノズル21及びインク室22の構造については、従来のインクジェットプリンタにおいて慣用されている構造を適宜用いることができ、特に限定されるものではない。また、1つのインク室22に対し、1個の変位部18aを組み合わせてもよく、1個のインク室22に対し、複数の変位部18aを組み合わせてもよい。

【0038】本実施例のインクジェットヘッド20では、上記圧電アクチュエータ18Aを用いて構成されており、圧電アクチュエータ18Aの各変位部18aの変位量のバラツキが生じ難いため、所定の信号電圧を印加することにより、各変位部18aに連結されたインク室22から所定量のインクを正確に吐出することができる。

【0039】次に、圧電アクチュエータ18Aにおける各変位部18aの変位量のバラツキが、上記ギャップ9、12の大きさによってどのように影響を受けるかを実験により確認した。すなわち、内部電極7、10と、該内部電極7、10と同一高さ位置で対向されているダミー電極8、11との間のギャップ9、12の距離を種々変更し、複数種の圧電アクチュエータ18Aを作成した。そして、各圧電アクチュエータにおける複数の変位部18a間の変位量バラツキを以下の式で求めた。

【0040】変位部間の変位量バラツキ＝{(変位量が最大である変位部18aの変位量－変位量が最小である変位部18aの変位量)／(変位量が最大である変位部18aの変位量)}×100(%)

結果を図7に示す。

【0041】図7から明らかなように、ギャップ9、11の距離、すなわち内部電極の外部電極と電気的に接続されている側の端部とは反対側の端部と、該内部電極と同一高さ位置にあるダミー電極との間の距離が小さくなるにつれて、変位部18a間の変位量バラツキが小さくなるのがわかる。このことは、内部電極構成金属の内部電極先端からの拡散が、ダミー電極を形成することにより効果的に抑制されていることを意味する。また、ダミー電極8、11が形成されているので、焼成に際しての内部電極構成金属の拡散が抑制され、内部電極の電極

特許第3319413号  
(P3319413)

(6)

9

切れが低減するので、分極時に、電圧が印加されて分極される体積が各変位部18aにおいてほぼ均一となるため、それによっても変位量バラツキが低減されていると考えられる。

【0042】従って、内部電極7、10の形状を維持するには、上記ギャップ9、12は小さいことが好ましい。特に、図7から明らかなように、ギャップ9、12の距離を100 $\mu$ m以下とすれば、より好ましくは50 $\mu$ m以下とすれば、変位部18a間の変位量バラツキを効果的に抑制し得ることがわかる。

【0043】もっとも、上記ギャップ9、12の距離が、厚み方向に隣接する内部電極間の距離より小さくなると、厚み方向に分極した際に絶縁破壊が生じやすくなる。従って、上記ギャップ9、12の距離は、厚み方向に隣接する内部電極間の距離以上とすることが好ましい。

【0044】図8は、本発明の第2の実施例に係る圧電アクチュエータを示す断面図である。第1の実施例に係る圧電アクチュエータ18では、セラミック焼結体17内において、内部電極7、10と同一高さ位置にダミー電極8、11が形成されていたが、本発明においては、ダミー電極に加えて、内部電極間にフロート電極を設けることによっても、変位量のバラツキを低減することができる。

【0045】図8に示す圧電アクチュエータ31は、チタン酸ジルコン酸鉛などの圧電セラミックスからなるセラミック焼結体32を用いて構成されている。セラミック焼結体32内には、厚み方向において重なり合うように第1、第2の内部電極33a、34aが複数枚積層されている。第1の内部電極33aは、セラミック焼結体32の第1の側面32aに引き出されており、第2の内部電極34aは、側面32aとは反対側の第2の側面32bに引き出されている。

【0046】また、第1、第2の内部電極33a、34aと同一高さ位置に、ダミー電極33b、34bが第1の実施例の場合と同様に形成されている。第1の側面32aを覆うように、第1の外部電極35が形成されており、第2の側面32bを覆うように、第2の外部電極36が形成されている。また、内部電極33a、34a間には、外部電極35、36に電気的に接続されていないフロート電極37が配置されている。

【0047】内部電極33a、34a間のセラミック層は、図示の矢印で示すように厚み方向に分極処理されている。また、第1の実施例の場合と同様に、内部電極の両側のセラミック層が厚み方向において逆方向に分極処理されている。

【0048】従って、外部電極35、36間に電圧を印加することにより、内部電極33a、34a間で挟まれたセラミック層が厚み方向に伸縮し、圧電アクチュエータとして動作する。

10

【0049】本実施例の圧電アクチュエータ31においても、ダミー電極33b、34bの存在により、セラミック焼結体32を得る焼成に際し、内部電極33a、34aからの内部電極構成金属の水平方向への拡散が抑制される。加えて、フロート電極37が内部電極33a、34a間に複数層積層されているので、セラミック焼結体32を得る焼成に際し、内部電極33a、34aからの内部電極構成金属の厚み方向への拡散も抑制される。すなわち、内部電極33a、34aを構成している内部電極構成金属は、焼成に際しセラミックス側に拡散しようとするが、フロート電極37が配置されており、フロート電極37からも該フロート電極構成金属が厚み方向に拡散しようとするため、内部電極33a、34aからの内部電極構成金属の拡散が抑制される。

【0050】よって、内部電極33a、34aの形状が、ほぼ設計値通りに維持されるため、従来の圧電アクチュエータに比べて変位量バラツキを低減することができる。もっとも、大きな変位量を得るには、内部電極33a、34a間のセラミック層の厚みを薄くすることが必要であり、従って、フロート電極37を有する本実施例の圧電アクチュエータ31は、大きな変位量は求められないが、変位量の精度が求められる用途に好適である。

【0051】なお、フロート電極37を積層方向最外側の内部電極33a、34aのさらに外側のセラミック層に配置してもよく、その場合には、最外側の内部電極33a、34aからの内部電極構成金属の積層方向外側への拡散を抑制することができる。

【0052】上記フロート電極37は、内部電極構成金属の内部電極積層方向への拡散を抑制するものであるため、内部電極間のセラミック層及び積層方向最外側の内部電極の外側のセラミック層のうち、少なくとも1つのセラミック層に配置されていれば、該フロート電極に厚み方向に対向している内部電極からの内部電極構成金属の拡散を抑制することができる。すなわち、内部電極間のセラミック層及び積層方向最外側の内部電極よりも外側のセラミック層の全てに、フロート電極が形成されている必要は必ずしもない。

【0053】また、特に図示しないが、第1の実施例に係る圧電アクチュエータ18において、第2の実施例の圧電アクチュエータ31で構成されていたフロート電極37を組み合わせ、それによって内部電極7、11から内部電極構成金属が厚み方向に拡散することを抑制してもよく、それによって、より一層変位量のバラツキを低減することができる。

【0054】また、第2の実施例に係る圧電アクチュエータ31において、ダミー電極33b、34bを設けずともよく、その場合においても、フロート電極37が形成されているので、内部電極33a、34aの外部電極とは接続されていない端部から厚み方向への内部電極構



特許第3319413号

(P3319413)

(7)

11

成金属の拡散を抑制することができる。

【0055】

【発明の効果】第1の発明に係る圧電アクチュエータでは、セラミック焼結体内の内部電極が形成されている高さ位置において、該内部電極の外部電極と接続されている端部とは反対側の端部と、この内部電極が接続されていない外部電極との間にダミー電極が設けられているので、焼成に際し内部電極構成金属のセラミック中への拡散がダミー電極の存在により抑制され、内部電極切れなどの所望でない現象が確実に抑制される。従って、ほぼ設計値に近い形状の内部電極が形成されているので、変位量バラツキが少ない圧電アクチュエータを提供することが可能となる。

【0056】また、第1の発明に係る圧電アクチュエータにおいて、フロート電極を配置した場合には、フロート電極の存在により、内部電極構成金属の厚み方向に沿った拡散が抑制されるので、内部電極の電極切れをより一層抑制することができ、変位量のバラツキをさらに効果的に低減することができる。

【0057】また、第1の発明において、内部電極のダミー電極側の端部と、ダミー電極との間のギャップの距離を100μm以下とした場合には、内部電極からダミー電極側への内部電極構成金属の拡散がより効果的に抑制され、変位量のバラツキが非常に少ない圧電アクチュエータを提供することが可能となる。

【0058】第2の発明に係る圧電アクチュエータでは、内部電極間のセラミック層及び／または積層方向最外側の内部電極よりも外側のセラミック層のうち、少なくとも1つのセラミック層に少なくとも1層のフロート電極が配置されているので、フロート電極の存在により、内部電極からフロート電極側への内部電極構成金属の拡散が抑制され、それによって内部電極切れなどの所望でない現象を抑制することができる。よって、ほぼ設計値どおりの内部電極を形成し得るので、変位量バラツキの少ない圧電アクチュエータを提供することが可能となる。

【0059】第3の発明に係る圧電アクチュエータの製造方法は、第1の発明に係る圧電アクチュエータを得るものであり、内部電極及びダミー電極が印刷されたグリーンシートを積層し、得られた積層体を焼成してセラミック焼結体を得ているので、焼成に際し、内部電極構成金属がダミー電極の存在によりダミー電極側に拡散し難い。従って、設計値に近い形状の内部電極を確実に形成することができ、それによって圧電アクチュエータの変位量バラツキを低減することが可能となる。

【0060】また、第4の発明に係る圧電アクチュエータの製造方法において、さらに、フロート電極が印刷されたグリーンシートを内部電極間または最外側の内部電極の外側に位置するように積層した場合には、フロート電極の存在により焼成に際し内部電極構成金属のフロ

12

ト電極側、すなわち厚み方向に沿った拡散が抑制される。よって、より一層変位量バラツキの少ない圧電アクチュエータを提供することができる。

【0061】第5の発明に係るインクジェットヘッドは、本発明に係る圧電アクチュエータを用いて構成されており、本発明に係る圧電アクチュエータの変位量バラツキが少ないため、該圧電アクチュエータを駆動し、インク室からノズルを経てインクを吐出するに際し、所望量のインクを正確に吐出させることができる。従って、インク吐出精度が高く、信頼性に優れたインクジェットヘッドを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)及び(b)は、本発明の第1の実施例に係る圧電アクチュエータを示す斜視図及び(a)のA-A線に沿う断面図。

【図2】第1の実施例の圧電アクチュエータを得るのに用いたグリーンシート及びその上に形成される電極形状を説明するための分解斜視図。

【図3】(a)及び(b)は、第1の実施例を得るのに用意した積層体の斜視図及び(a)のB-B線に沿う断面図。

【図4】(a)及び(b)は、第1の実施例で容易されたセラミック焼結体及び外部電極を説明するための斜視図及び(a)のC-C線に沿う断面図。

【図5】(a)、(b)は、第1の実施例に係る圧電アクチュエータを用いて構成されたインクジェットヘッド用の圧電アクチュエータを説明するための斜視図及びその要部を拡大して示す斜視図。

【図6】第1の実施例に係る圧電アクチュエータを用いて構成されたインクジェットヘッドを説明するための概略構成図。

【図7】第1の実施例に係る圧電アクチュエータにおける内部電極先端とダミー電極との間のギャップの距離による複数の変位部間の変位量バラツキの変化を示す。

【図8】本発明の第2の実施例に係る圧電アクチュエータを説明するための断面図。

【図9】従来の圧電アクチュエータを説明するための断面図。

【符号の説明】

3～6…グリーンシート

7…第1の内部電極

8…第1のダミー電極

9…ギャップ

10…第2の内部電極

11…第2のダミー電極

12…ギャップ

13…積層体

13a、13b…第1、第2の側面

15、16…第1、第2の外部の電極

17…セラミック焼結体

特許第3319413号

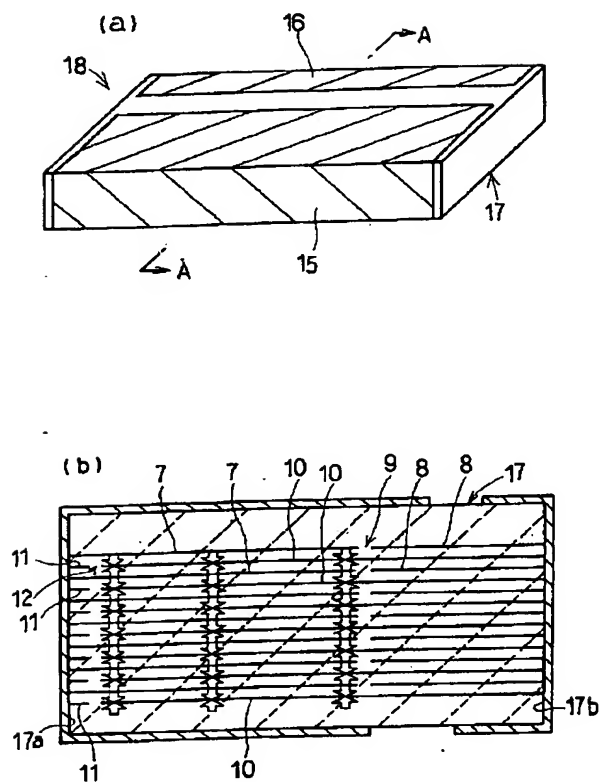
(P3319413)

(8)

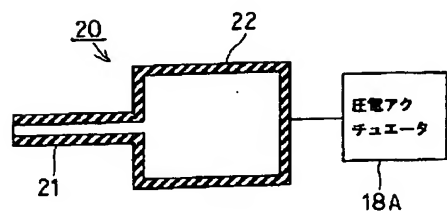
13

- 18…圧電アクチュエータ  
 18A…圧電アクチュエータ  
 18a…変位部  
 20…インクジェットヘッド  
 21…ノズル  
 22…インク室

【図1】



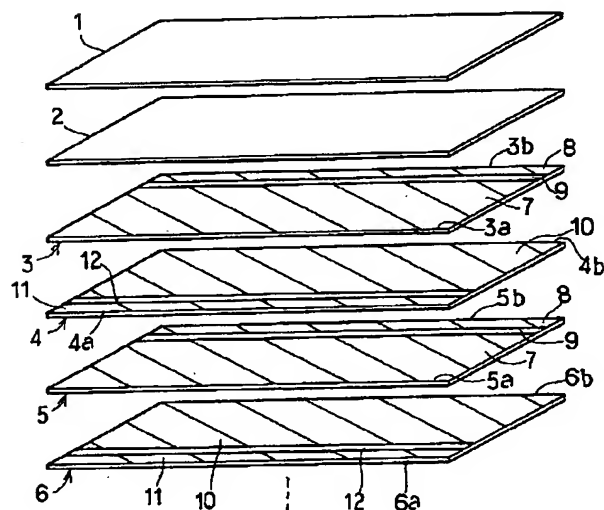
【図6】



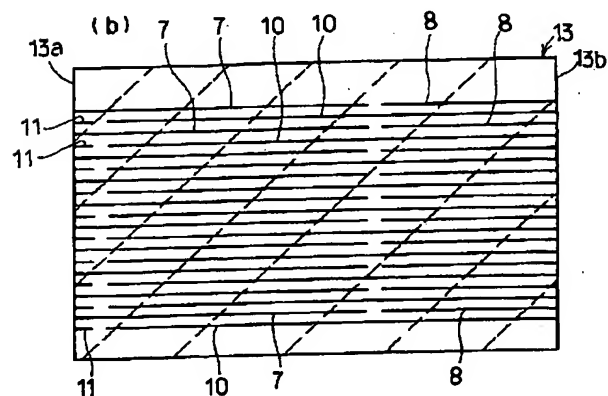
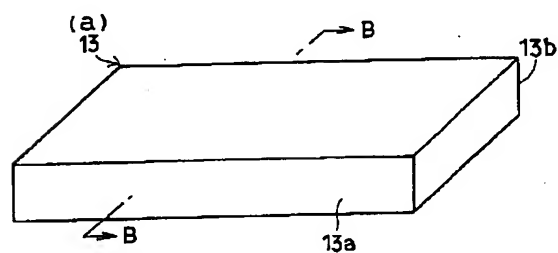
14

- 31…圧電アクチュエータ  
 32…セラミック焼結体  
 32a, 32b…第1, 第2の側面  
 33a, 34a…第1, 第2の外部電極  
 33b, 34b…ダミー電極  
 37…フロート電極

【図2】



【図3】

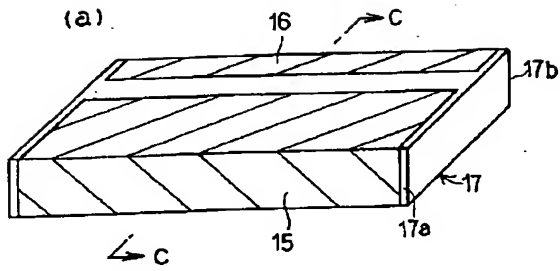




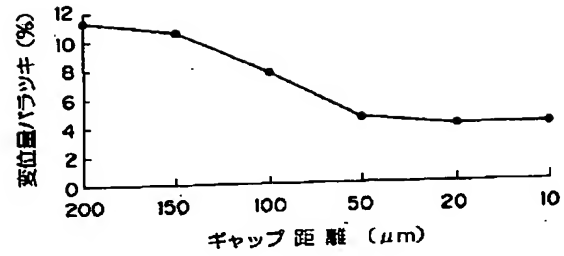
特許第3319413号  
(P3319413)

(9)

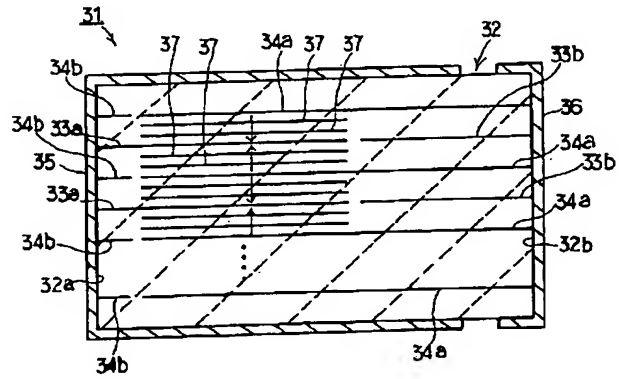
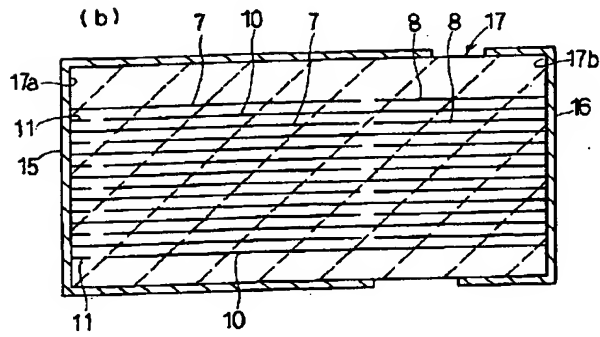
【図4】



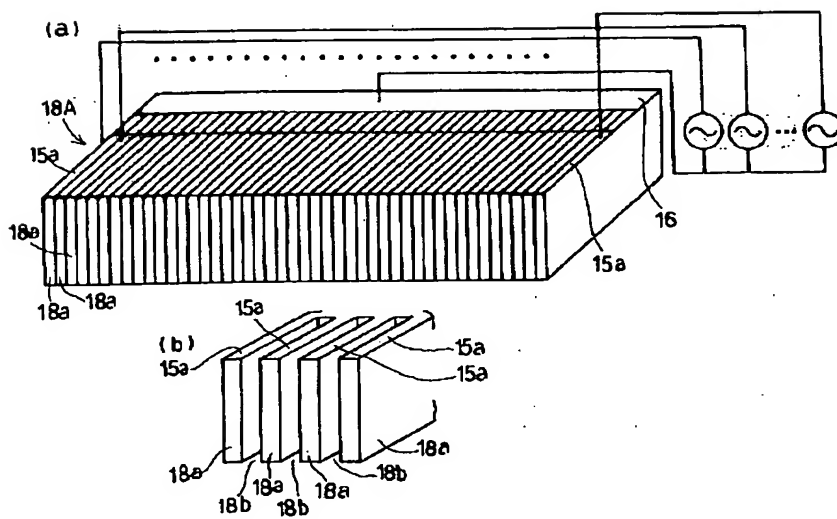
【図7】



【図8】



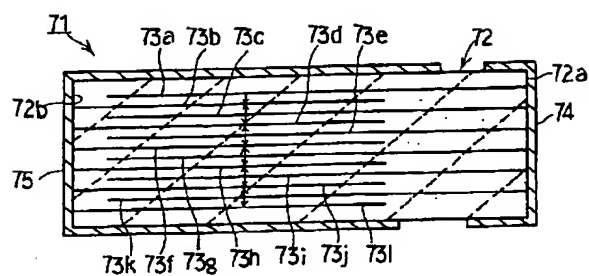
【図5】



特許第 3 3 1 9 4 1 3 号  
( P 3 3 1 9 4 1 3 )

( 1 0 )

【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 41/22

識別記号

F I

(58) 調査した分野 (Int. Cl.<sup>7</sup>, D B 名)  
B41J 2/045  
H01L 41/00 - 41/113

**PIEZOELECTRIC ACTUATOR, MANUFACTURE THEREOF AND INK JET HEAD**

Patent Number: JP2000168073  
Publication date: 2000-06-20  
Inventor(s): SUBE MITSURU; KONO YOSHIAKI  
Applicant(s): MURATA MFG CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2000168073  
Application Number: JP19980342003 19981201  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B41J2/045; B41J2/055; B41J2/16; H01L41/083; H01L41/187; H01L41/22  
EC Classification:  
Equivalents: JP3319413B2

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multiplayer piezoelectric actuator in which the inner electrode has a profile approximate to design values and fluctuation of displacement is suppressed.  
**SOLUTION:** A plurality of first and second inner electrodes 7, 10 are arranged in a sintered ceramic 17 through a ceramic layer while being overlapped in the thickness direction. The first and second inner electrodes 7, 10 are led out alternately to first or second side face 17a, 17b in the thickness direction and first and second outer electrodes 15, 16 are formed to cover the first or second side face 17a, 17b. The ceramic layer is polarized in the thickness direction between the inner electrodes 7, 10 and, at the height where the inner electrodes 7, 10 are formed, dummy electrodes 8, 11 are formed between the end of the inner electrodes 7, 10 on the side opposite to the side where the outer electrodes 15, 16 are connected electrically, and the counterpart outer electrodes 15, 16.

Data supplied from the esp@cenet database - I2